

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-063936

(43)Date of publication of application : 10.03.1995

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

(21)Application number : 05-207695

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 23.08.1993

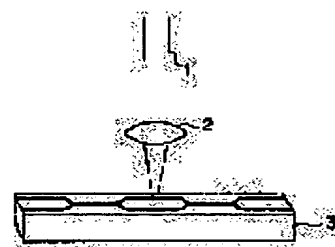
(72)Inventor : YOSHIMURA AKIYUKI

(54) PRODUCTION OF PLASTIC WAVEGUIDE TYPE OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily adjust the variations in a coupling rate and branching ratio by working errors with good accuracy and to produce an optical element at a good yield by irradiating an optical multiplexing/branching part where plural cores are in proximity to each other or are branched with UV light, thereby adjusting multiplexing/demultiplexing characteristics.

CONSTITUTION: The coupling part or tapered part or branching part or phase control part of the optical multiplexing/demultiplexing element 3 formed by using a plane type optical waveguide made of plastic is irradiated with the UV light 1 to control the waveguide characteristics, such as multiplexing/ demultiplexing characteristics, extinction ratio or demultiplexing intervals. Namely, the waveguide characteristics of the plastic plane waveguide type element 3 are controlled by condensing the UV light 1 with a lens 2 and irradiating the waveguide of the element 3 with this light. The physical constant, such as refractive index, of the waveguide material is changed by the irradiation with the UV light 1 in such a manner. A change is, therefore, generated in the apparent optical path length before and after the irradiation. Then, the characteristics are controlled by properly adjusting the irradiation quantity and irradiation region so that the desired optical path length is obtd.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 15.03.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-63936

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int. Cl. ⁶ G02B 6/13	識別記号	庁内整理番号 8106-2K	F I G02B 6/12	技術表示箇所 M
---	------	-------------------	------------------	-------------

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願平5-207695

(22) 出願日 平成5年(1993)8月23日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 吉村 了行

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

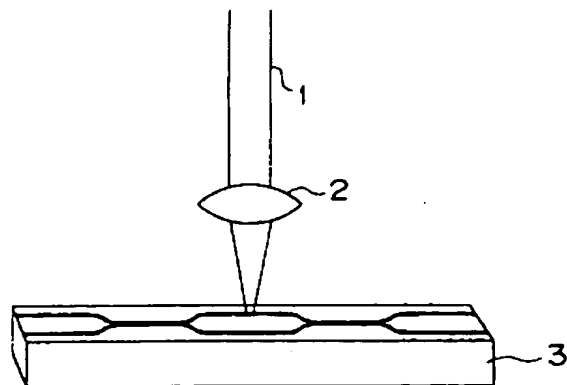
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 プラスチック導波路型光素子の作製方法

(57) 【要約】

【目的】 容易に合分波特性や光路長差を調整することができ、それによって、高い加工精度を保つことができ、再現性がよいプラスチック導波路型光素子の作製方法を提供する。

【構成】 プラスチック製の平板型光導波路を用いた光合分波素子において、その結合部またはテーパ部または分岐部または位相制御部に、紫外光を照射することにより、その合分波特性や、消光比、分波間隔などの導波特性を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のコアと、前記複数のコアを埋設するクラッドと、前記複数のコアが近接または分岐してなる光合分波部とを有するプラスチック導波路型光素子の作製方法において、

前記光合分波部に紫外光を照射して合分波特性を調整することを特徴とするプラスチック導波路型光素子の作製方法。

【請求項 2】 複数のコアと、前記複数のコアを埋設するクラッドと、前記複数のコアが近接または分岐してなる光合分波部と、位相制御部とを有するプラスチック導波路型光素子の作製方法において、

前記位相制御部に紫外光を照射して合分波特性を調整することを特徴とするプラスチック導波路型光素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】本発明は、光を利用した通信や計測、情報処理などに用いられる光合分波器や光スイッチなどのプラスチック製の導波路型光素子の作製方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】方向性結合器や Y 分岐、マッハーツェンダ干渉計型光回路などの導波路型光合分波素子は、光信号を多重・分割、変調、切替、モニタする場合などに有用であり、光を用いた情報処理、伝送などに必要不可欠な部品である。

【 0 0 0 3 】導波路型光合分波素子材料の代表的なものとしては、石英系ガラスなどのガラス系の材料と、ポリメタクリル酸メチル、ポリイミドなどのプラスチック系の材料とが挙げられる。

【 0 0 0 4 】平板光導波路型方向性結合器や Y 分岐の合分波特性は、結合部やテーパ部、分岐部の構造により決まるが、作製にはサブミクロン以下の高い加工精度が必要となるため、設計通りの特性を示す素子を作製することは困難であり、所望の合分波特性を示す素子を再現性良く作製することは難しい。そのため、作製後に合分波特性の調整を行う種々のトリミング法が考案されている。結合部やテーパ部のクラッドをエッチングやレーザー光により一部除去することにより結合率を調整する方法（例えば「位相整合および結合長調整方法」特開昭 5 6 - 2 7 1 0 5 号、「導波路型方向性結合器の製造方法」特開昭 6 4 - 2 4 2 0 7 号参照）や、結合部の一部に高屈折率層を装荷する方法（例えば「方向性結合器における結合長の調整方法」特開昭 5 2 - 5 3 4 3 7 号参照）等がある。しかしながら、これらのトリミング法は、いずれもエッチング、蒸着などの面倒な工程を必要とする。

【 0 0 0 5 】マッハーツェンダ干渉計型光回路などの導波路型光干渉素子は、光スイッチや光波長合分波素子と

して有用である。その分波する波長間隔や消光比などの特性は、合分波部に用いられる方向性結合器や Y 分岐の合分波特性ならびに位相制御部において生じる光路長差によって決まるが、その合分波部に関しては前述したように、所望の合分波特性を示す素子を再現性良く作製することは難しい。また、位相制御部に関しては、その特性にサブミクロンオーダーの僅かな光路長の変化が大きく影響するため、所望の波長において高い消光比を得るためには、作製後に適当な手段により微調整を行う必要が有る。導波路作製後に光路長差を調整する方法としては、位相制御部の上面に金属膜を装荷し、その金属膜に電流を流すことにより生じる熱を利用する方法（例えば「導波路型光干渉計」特開昭 6 2 - 1 8 3 4 0 6 号参照）などが発明されているが、この方法もエッチング、蒸着などの面倒な工程を必要とする上に常時電力を消費する等の問題が有る。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】前述したように量産性、経済性に優れ集積化にも適する平板導波路型方向性結合器の従来の作製プロセスにおいて、サブミクロン以下の高い加工精度を保つことは困難であるため、所望の導波特性を示す素子を再現性良く作製することはできなかった。また、この問題を解決するために考案された合分波特性や光路長差の調整法は、いずれも工程や精度、消費電力などに問題があり、有効な調整法はなかった。

【 0 0 0 7 】本発明の課題は、これら従来の問題点を解決したプラスチック導波路型光素子の作製方法を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は、プラスチック製の平板型光導波路を用いた光合分波素子において、その結合部またはテーパ部または分岐部または位相制御部に、紫外光を照射することにより、その合分波特性や消光比、分波間隔などの導波特性を制御することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

【作用】図 1 は、本発明に基づくプラスチック平板導波路型素子（干渉型光素子）の導波特性制御法の例を示す模式図である。紫外光 1 は、レンズ 2 で集光し、素子 3 の導波路上に照射される。あるいは、図 2 のように、ライトガイド 4 を通して紫外光 5 を素子 6 の導波路上に照射してもよい。さらに、図 3 のように、メタルマスク 8 等を用いて導波路をマスクし、素子 9 の全面を照射してもよい。

【 0 0 1 0 】図 4 (A), (B), (C) は、図 1 中の干渉型光素子の構成を示す模式図である。図 4 (A) に示すように、干渉型光導波路 1 4 は、例えば、基板 1 0 とこの基板上に設けた光導波路 1 3 とを備えている。光導波路 1 3 は、クラッド部 1 1 とクラッド部 1 1 に埋設されたコア部 1 2 とを有する。クラッド部 1 1 は、上部

クラッド層 11A とバッファ層として働く下部クラッド層 11B とからなり、これらの上下部クラッド層 11A, 11B 間にコア部 12 を埋設している。図 4 (B) に示すように、コア部 12 は、少なくとも 2 本のコア 15, 16 (図 4 (C) の場合は、24A → 22 → 24B, 24A → 23 → 24B) からなり、合分波部 17, 18 (図 4 (C) の場合は、20, 21) と、位相制御部 15B, 16B (図 4 (C) の場合は、22, 23) を形成している。ここで、合分波部は、方向性結合器型光導波回路を用いてもよいし (図 4 (B))、Y 分岐型光導波回路を用いてもよい (図 4 (C))。

【0011】本発明は、例えば、位相制御部を形成する導波路の一部に紫外光を照射することにより、実施することができる。紫外光を照射することにより、導波路材料の屈折率などの物理定数が変化する。この変化は不可逆であるため、照射終了後に元に戻ることはない。そのため、照射前後において、みかけの光路長差に変化が生じる。したがって、照射量、照射領域を適当に調節することにより、所望の光路長差が得られるよう制御することができる。

【0012】本発明は、上記の原理に基づくため、干渉型光素子の位相制御部において作られる光路長差を所望の値に調整し、さらに、その光路長差を電力等の外部からのエネルギーを供給することなしに、保持できるという特徴を有する。さらに、この調整法は、エッチング等の複雑なプロセスを必要とせず、簡単に実施することができる上に、光路長調整時においては、干渉型光素子の出射口から出射する光出力をモニタすることが可能であるため、高精度の調整ができるという特徴を有する。

【0013】本発明は、上記の干渉型光素子の位相制御部において作られる光路長差を制御することにとどまらず、方向性結合器や、Y 分岐導波路の結合部や、分岐、テーパ部に紫外光を照射することにより、その結合・分岐率を制御する効果を有する。

【0014】さらに、多くのプラスチック材料は、波長 200 ~ 400 nm の紫外域に大きな吸収を持ち、この領域の光を吸収することにより、架橋、分解等の反応が生じ光照射部の屈折率が変化する。この変化は、ガラス等の無機材料に比べ高効率である。そのため、導波路材料としてプラスチックを用いれば、エキシマレーザ等の特別な高出力光源を用いる必要はなく、重水素ランプや Xe-Hg ランプ等の比較的低出力の光源で導波特性の調整が可能である。なかでも重水素化・フッ素化したポリアクリレート、重水素化・フッ素化したポリシロキサン (例えば「平板型プラスチック光導波路」特開平 3-183402 号、「プラスチック光導波路」特開平 4-157402 号参照) は、従来のプラスチック材料に比べ可視~近赤外域での光損失が小さく、屈折率制御が自在であり、加工性にも優れているため、これらを導波路材料として優れた光素子が作製されている。これらの材

料で作製された低損失光素子に本発明による紫外光による調整を施すことにより、低損失で高性能な光素子を容易に作製することができる。

【0015】

【実施例】以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0016】(実施例 1) シリコン基板上に重水素化・フッ素化ポリメタクリレートを用いて、マッハツェンダ干渉計型光導波回路を作製した。作製法は、「特開平 3-188402 号：平板型プラスチック導波路」に開示された方法を用いた。図 4 に示すように、すなわち、まず、シリコン基板 10 上にクラッド材料を塗布し、下部クラッド層 11B を形成する。下部クラッド層 11B 上に有機ポリマ (重水素化・フッ素化ポリメタクリレート) からなるコア材料を塗布し、層状のコア部 12 を形成する。次に、コア部 12 にシリコン系レジストを塗布し、露光現像する。さらに、酸素ガスの反応性イオンエッチングを行い、パターン部以外は除去してコア 15, 16 を形成する。レジストを剥離し、最後にクラッド材料を塗布あるいはラミネートして上部クラッド層 11A を形成する。作製した導波路は、比屈折率差 $\Delta n = 0.25\%$ 、コアの断面の大きさは縦横ともに $8 \mu m$ であった。上記のマッハツェンダ干渉計型光導波回路を切り出し、しかる後、紫外線硬化樹脂を用い、導波路と光ファイバ (シングルモードファイバ：コア径 $9 \mu m$) を接続した (図 7)。

【0017】入射口より波長 $1.31 \mu m$ のレーザ光 P_1 (43) を入射させ、出射口より出射する光出力 P_1' , P_2' (44, 45) を測定したところ、 $P_2' / P_1' = 1.0$ であった。出射口より出射する光出力 P_1' , P_2' (44, 45) をモニタしながら、合分波部 46 に Nd:YAG レーザ光 (波長 $266 nm$) を照射したところ、 $P_2' / P_1' > 1000$ となるよう消光比を改善することができた。

【0018】(実施例 2) アクリル基板上に、図 6 のような、Y 分岐型光導波回路を作製した。導波路材料ならびに作製法は、実施例 1 と同様である。上記の Y 分岐型光導波回路を切り出し、しかる後、紫外線硬化樹脂を用い導波路と光ファイバ (シングルモードファイバ：コア径 $9 \mu m$) を接続した。

【0019】入射口より波長 $1.31 \mu m$ のレーザ光 P_1 (36) を入射させ、出射口より出射する光出力 P_1' , P_2' (37, 38) を測定したところ、分岐比は $P_1' : P_2' = 54 : 46$ であった。光出力 P_1' , P_2' (37, 38) をモニタしながら、M 分岐部 39 に Nd:YAG レーザ光 (波長 $266 nm$) を照射したところ、 $P_1' : P_2' = 50 : 50$ に調整することができた。

【0020】(実施例 3) アクリル基板上に、図 5 のよ

うな、方向性結合器を作製した。導波路材料ならびに作製法は、実施例 1 と同様である。上記の方向性結合器を切り出し、しかる後、紫外線硬化樹脂を用い導波路と光ファイバ（シングルモードファイバ：コア径 $9\mu\text{m}$ ）を接続した。

【0021】入射口より波長 $1.31\mu\text{m}$ のレーザ光 P_1 (29) を入射させ、出射口より出射する光の出力 P_1' , P_2' (30, 31) を測定し、結合率を求めたところ、結合率は 55% であった。出力光 P_1' , P_2' (30, 31) をモニタしながら、結合部 32 に N d : Y A G レーザ光 (波長 266nm) を照射したところ、結合率を 50% に調整することができた。

【0022】（実施例 4）アクリル基板上に図 8 (A) のような、波長多重分割素子として作用する非対称マッハツェンダ干渉計を作製した。導波路材料ならびに作製法は、実施例 1 と同様である。

【0023】入射口より白色光 50 を入射させ、出射口より出射する光出力 P_1' , P_2' (51, 52) のスペクトルを測定したところ、図 9 中の破線のような特性が得られた。出射口からの出力 P_1' , P_2' (51, 52) のピーク波長を、それぞれ $1.300\mu\text{m}$, $1.310\mu\text{m}$ になるようチューニングを行うため、図 8 (B) に示すような、位相制御部の一部だけに紫外光が照射されるように設計されたマスクで導波路を被い、X e -H g ランプ（主波長 $220\sim 260\text{nm}$ ）を上方から全面照射したところ、図 9 中の実線に示すように、目的どおりの透過特性を得ることができた。

【0024】（実施例 5）表 1 ～表 4 に示す材料をコアまたはクラッドとして、実施例 3 と同様にマッハツェンダ干渉計型光導波回路を作製し、実施例 3 と同様に合分波部に N d : Y A G レーザ光（波長 266nm ）を照射することにより、消光比 P_2' / P_1' が向上するよう調整を試みたところ、いずれも $P_2' / P_1' > 1000$ となるよう消光比を改善することができた。

【0025】（実施例 6）図 10, 図 11 は、本発明の実施例で、入力部の光分波部が Y 分岐、出力部の合波部がカブラ部からなる合分波素子である。図 11 には、さらに位相制御部が設けられている。

【0026】本実施例の構成においても、図 10 の Y 分岐部またはカブラ部に紫外線を照射することにより、合分波特性を調整することができた。また、図 11 の位相制御部、または Y 分岐部、またはカブラ部に紫外線を照射することにより、合分波特性を調整することができ、本発明が有効であることが分った。

【0027】なお、実施例 1 ～ 6 の構成は、Y 分岐部またはカブラ部が同一基板上に設けられているが、ファイバカブラ等を接続しただけのプラスチック光導波路上の位相制御部に紫外光を照射して合分波特性を調整することも可能である。

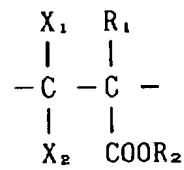
【0028】また、位相制御部は、合分波部の中間に位置する構成を例示したが、合分波部の外側に位置しても屈折率を変化する目的で使うことができる。

【0029】

【表 1】

ポリマ化学構造 ^a				光導波路構成
X ₁	X ₂	R ₁	R ₂	
D D	D D	CD ₃ CD ₃	(CF ₃) ₂ CF- (CF ₂ Cl) ₂ CF-	クラッド コア
D D	D D	CD ₃ CD ₃	(CF ₃) ₂ CF- (CF ₃)(CF ₂ Cl)CF-	クラッド コア
D D	D D	F CD ₃	(CF ₃) ₂ CF- (CF ₃) ₂ CF-	クラッド コア

a ; ポリマ化学構造

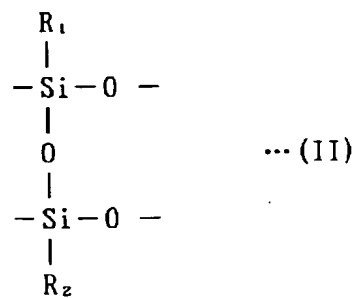
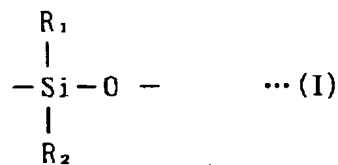


【 0 0 3 0 】

【 表 2 】

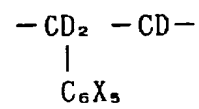
ポリマ化学構造 ^b			光導波路構成
主鎖構造	R ₁	R ₂	
II II	CD ₃ C ₆ D ₅	CD ₃ CD ₃	クラッド コア
II II	CD ₃ C ₆ D ₄ Cl	CD ₃ C ₆ D ₄ Cl	クラッド コア
I I	C ₆ D ₅ C ₆ D ₅	CD ₃ C ₆ D ₅	クラッド コア
I I	CD ₃ C ₆ D ₅	CD ₃ C ₆ D ₅	クラッド コア

b ; ポリマ化学構造



ポリマ化学構造 ^c	光導波路構成
X	
F D	クラッド コア
D Cl	クラッド コア
F Cl	クラッド コア

c ; ポリマ化学構造



【 0 0 3 2 】

【 表 4 】

ポリマ化学構造	光導波路構成
$ \begin{array}{c} -\text{CD}_2 - \text{CD}- \\ \\ \text{COOCF}(\text{CF}_3)_2 \end{array} $ $ \begin{array}{c} -\text{CD}_2 - \text{CD}- \\ \\ \text{C}_6\text{D}_5 \end{array} $	クラッド コア
$ \begin{array}{c} -\text{CD}_2 - \text{CD}- \\ \\ \text{COOCF}(\text{CF}_3)_2 \end{array} $ $ \begin{array}{c} -\text{CD}_2 - \text{CD}- \\ \\ \text{C}_6\text{F}_5 \end{array} $	クラッド コア
$ \begin{array}{c} -\text{CD}_2 - \text{CD}- \\ \\ \text{COOCF}(\text{CF}_3)_2 \end{array} $ $ \begin{array}{c} \text{C}_6\text{D}_5 \\ \\ -\text{Si}-\text{O}- \\ \\ \text{O} \\ \\ -\text{Si}-\text{O}- \\ \\ \text{C}_6\text{D}_5 \end{array} $	クラッド コア

【 0 0 3 3 】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば以下のような優れた効果が発揮される。

【 0 0 3 4 】 (1) 作業誤差による結合率、分岐比のばらつきを簡単に精度良く調整することができるので、作製プロセスに高度な精度を要求することなく、特性の良い方向性結合器、Y分岐型光導波回路を、歩留り良く作製することができる。その結果、製造コストを低く抑えることができる。また、方向性結合器、Y分岐型光導波回路を用いて作製したマッハーツェング干渉計等の干渉型光素子のクロストーク等の特性を簡単に調整し改善す

40 ることができる。

【 0 0 3 5 】 (2) 干渉型光素子の光路長差を調整することができるので、プラスチック導波路を用いて作製された波長合分波器の分波間隔や選択中心波長を調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の平板導波路型光素子（干渉型光素子）の導波特性制御法の例を示す模式図である。

【図 2】本発明の平板導波路型光素子（干渉型光素子）の導波特性制御法の例を示す模式図である。

【図 3】本発明の平板導波路型光素子（干渉型光素子）

15

の導波特性制御法の例を示す模式図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施例を説明するためのもので、(A) は平板導波路型光素子 (干渉型光素子) を側面から見た模式図、(B) は平板導波路型光素子 (干渉型光素子) を上方から見た模式図、(C) は Y 分岐型の干渉型光素子を上方から見た模式図である。

【図 5】第 3 の実施例に示した平板導波路型方向性結合器を示す模式図である。

【図 6】第 2 の実施例に示した平板導波路型 Y 分岐導波路を示す模式図である。

【図 7】第 1 の実施例に示した平板導波路型マッハツェンダ干渉計を示す模式図である。

【図 8】第 4 の実施例を説明するためのもので、(A) は平板導波路型非対称マッハツェンダ干渉計を示す模式図、(B) は (A) の導波路の位相制御部の一部のみに紫外光を照射するために他の部分をマスクで被った状態を示す模式図である。

【図 9】図 8 の導波路の透過スペクトルを示すグラフであり、横軸は波長、縦軸はスルーポートの出力を全出力で規格化した値 ($P_1' / (P_1' + P_2')$) を示している。図中破線は紫外光照射前の透過特性を、実線は紫外光照射後の透過特性を示す。

【図 10】第 6 の実施例に示した、入力部の光分波が Y 分岐、出力部の合波部がカプラ部からなる合分波素子の模式図である。

【図 11】第 6 の実施例に示した、位置制御部が設けられた合分波素子の模式図である。

【符号の説明】

- 1, 5, 7 紫外光
- 2 レンズ
- 3, 6, 9 平板導波路型光素子 (干渉型光素子)
- 4 ライトガイド
- 8 マスク
- 10 基板
- 11A 上部クラッド層
- 11B バッファ層
- 12 コア
- 13 導波路層

16

14 平板導波路型光素子 (干渉型光素子)

15, 16 コア

17, 18 合分波部

15A, 16A 入射口

15B, 16B 位相制御部

15C, 16C 出射口

19 平板導波路型光素子 (干渉型光素子)

20, 21 合分波部

22, 23 位相制御部

10 24 コア

24A 入射口

24B 出射口

25 平板導波路型光素子 (Y 分岐型の干渉型光素子)

26 平板導波路型方向性結合器

27 入射用光ファイバ

28 出射用光ファイバ

29 入射光

30, 31 出射光

32 紫外光照射部

20 33 平板導波路型 Y 分岐導波路

34 入射用光ファイバ

35 出射用光ファイバ

36 入射光

37, 38 出射光

39 紫外光照射部

40 平板導波路型マッハツェンダ干渉計

41 入射用光ファイバ

42 出射用光ファイバ

43 入射光

30 44, 45 出射光

46 紫外光照射部

47 平板導波路型非対称マッハツェンダ干渉計

48 入射用光ファイバ

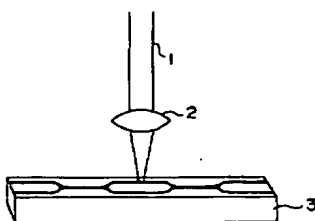
49 出射用光ファイバ

50 入射光

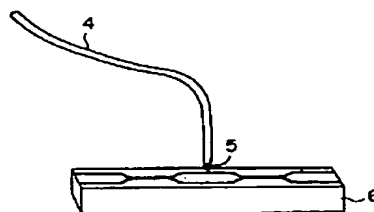
51, 52 出射光

53 マスク

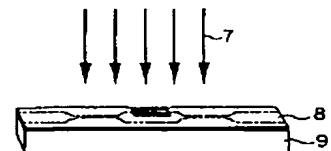
【図 1】



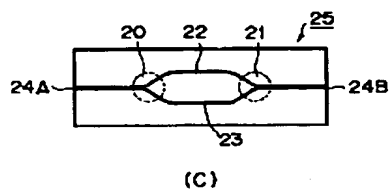
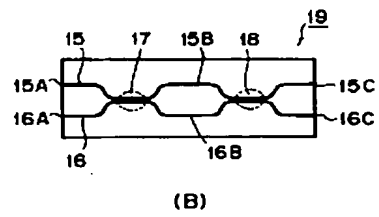
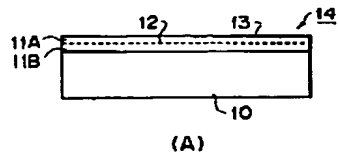
【図 2】



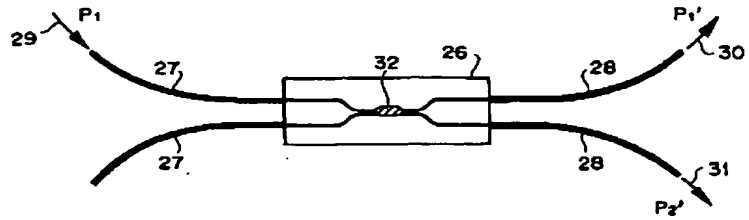
【図 3】



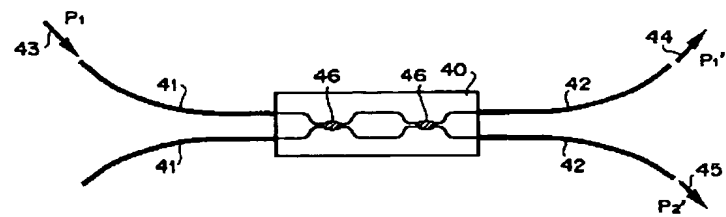
【図 4】



【図 5】



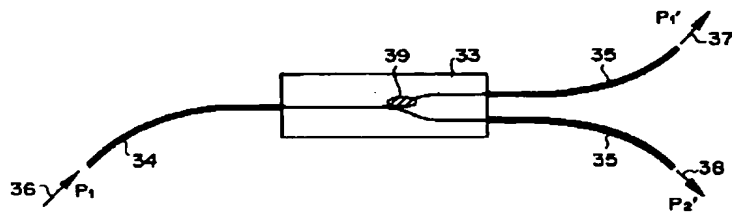
【図 7】



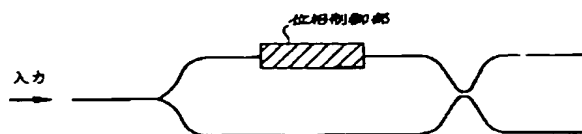
【図 10】



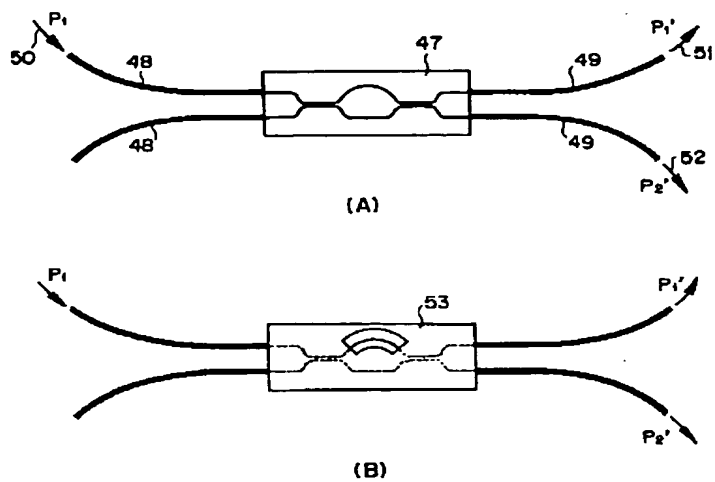
【図 6】



【図 11】



【図 8】



【図 9】

